

PREPARACION DE CARBONES ACTIVADOS GRANULARES MEDIANTE ACTIVACION “QUIMICA” DE RECURSOS AGRICOLAS

P. J. Villegas Aguilar; B. F. Medina Alvarez; C. E. de las Posas del Río*; B. Bucki Wasserman**

CETA, Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Central de Las Villas, Santa Clara, 54830, Cuba.

Teléfono: (+53) 42 281194 – Fax: (+53) 42 281608 - Email: pjva@fim.uclv.edu.cu;

*GEPROP, CITMA, Calle 20 No. 4103 e/ 18A y 47, Alturas de Miramar, Playa CP. 11300, Ciudad Habana, Cuba. Teléfono: (+537) 230245 - Fax: (+537) 229372 - Email: geprop@ceniai.inf.cu

**GESE, Unidad Académica Confluencia, Universidad Tecnológica Nacional, Plaza Huincul, 8318, Neuquén, Argentina. Teléfono: (+54) 299 4963292 – Fax: (+54) 299 4960510 - Email: buck@arnet.com.ar

RESUMEN

La producción de carbones activados y su empleo en problemas vinculados con la protección y saneamiento ambiental se han visto notablemente incrementados en las dos últimas décadas. En este trabajo se examinó la posibilidad de preparar carbones activados a partir de cáscaras del fruto de la caoba hondureña y semillas de mamey por activación “química” utilizando como agente activante ácido fosfórico. Se analizó fundamentalmente la influencia de la temperatura (300 - 500°C), el tiempo de activación (60 - 120 min.) y la concentración de ácido (30 - 50% (p/p)) sobre las características del producto a obtener. Se determinó que tanto los recursos estudiados como el agente activante utilizado resultaron adecuados para preparar carbones activados, cuya calidad se vio afectada por las condiciones de preparación.

Palabras claves: carbonización, activación química, adsorción

I. INTRODUCCION

En los últimos años, la intensa búsqueda de fuentes alternativas para la obtención de carbones activados ha jugado un papel primordial. Con este propósito, la transformación mediante procesos de conversión térmica de diferentes recursos agrícolas constituye una opción de particular interés. Los recursos agrícolas usualmente empleados con estos fines son aquellas partes de la planta cultivadas con fines alimentarios y/o industriales que no son útiles para tales propósitos. Estos presentan la ventaja de ser renovables a corto plazo y poseen bajas concentraciones de cenizas y azufre; característica que resulta beneficiosa ya que se reducen las emisiones de contaminantes nocivos a la atmósfera durante su conversión térmica (Villegas Aguilar, 2000).

Los carbones activados son materiales de alta capacidad de adsorción, extensamente utilizados para el tratamiento de efluentes tanto líquidos como gaseosos, por lo que la obtención de carbones activados a partir de fuentes renovables es de gran interés, dado que permite simultáneamente disponer de los mismos y obtener productos de mayor valor agregado (Villegas Aguilar y col., 1999; Medina Alvarez y col., 2001).

Existen diferentes tipos de carbones activados de amplio uso en la industria y son diversas las fuentes estudiadas para la producción de los mismos. La creciente demanda de estos adsorbentes ha suscitado la búsqueda de nuevas fuentes de materias primas, de disponibilidad segura y bajo costo, centrándose la atención especialmente en los materiales lignocelulósicos por su carácter renovable (González y col., 1994; Jia y col., 1998). En este sentido, varios recursos agrícolas, han sido recientemente investigados como posibles precursores mediante diferentes métodos de activación (Girgis y col., 1994; Kaghazchi y col., 1999; Padilla y col., 1998; Satya Sai y Ahmed, 1997). Una alternativa interesante consiste en emplear como precursor las cáscaras y semillas de frutos de maderas tropicales. Partiendo de estos antecedentes el presente trabajo se plantea como objetivo estudiar la preparación de carbones activados mediante activación “química” de algunos recursos agrícolas y analizar comparativamente la composición química y características adsorbentes de los productos obtenidos.

II. PARTE EXPERIMENTAL

II.1. Preparación de los carbones activados

Se utilizaron muestras de cáscaras del fruto de la caoba hondureña y semillas de mamey. Para la obtención de los carbones activados el material fue previamente secado, molido y tamizado, hasta obtener una granulometría adecuada (0.8 - 2mm). Se tomó una masa conocida del precursor y se impregnó con soluciones de diferentes concentraciones de ácido fosfórico (30 - 50%p/p) durante toda la noche.

La carbonización del precursor impregnado se llevó a una velocidad de calentamiento de 5°C/min en un reactor de acero inoxidable de 30 cm de longitud y 3 cm de diámetro, calefaccionado eléctricamente a diferentes temperaturas (300 - 500°C). Una vez alcanzada la temperatura deseada se continuó el tratamiento térmico durante tiempos de carbonización de 60 ó 120 min. Se enfrió la muestra en el reactor y se lavó con agua caliente hasta obtener un pH entre 6.5 y 7; finalmente el producto se secó a 120°C. Para evaluar la influencia simultánea de las condiciones operacionales (temperatura, tiempo y concentración

reparación de carbones activados mediante activación química de recursos agrícolas de ácido) y determinar con ello las expresiones matemáticas que describían el proceso estudiado se empleó un diseño de experimentos factorial 2³.

II.2. Caracterización química y evaluación del poder adsorbente

La caracterización química de las muestras, los productos sólidos de la pirólisis y carbones activados preparados a partir de ellas, se realiza mediante análisis próximo y elemental según normas ASTM. Asimismo, se determinó la densidad aparente y el pH de cada uno de los productos preparados mediante técnicas tradicionales.

El método empleado para valorar el poder adsorbente se basa en la determinación de la curva cinética de la decoloración de una disolución standard de azul de metileno en contacto con el adsorbente evaluado mediante fotolorimetría, con el auxilio de espectrofotómetro SPEKOL 11, a una longitud de onda de 660 nm. Para ello se pesó 0.1 g de carbón activado y se puso en contacto con una solución standard de azul de metileno al 0.00075%, previamente determinada su absorbancia.

Para comparar la eficiencia de la adsorción de carbones activados obtenidos bajo diferentes condiciones, se realizó la comparación de las constantes de velocidad del proceso de adsorción (Alberty y Silbey, 1997; Connors, 1990; Logan, 2000); dicha velocidad de decoloración de una solución standard de azul de metileno es un indicador muy representativo, y puede expresarse como una reacción de primer orden según:

$$\frac{dx}{dt} = -k'_{ads} \cdot \alpha \quad (1)$$

donde:

$\frac{dx}{dt}$: es la velocidad del proceso de adsorción;

k'_{ads} : es la constante cinética aparente del proceso de adsorción;

α : es la concentración residual del adsorbato.

La caracterización se complementó con la determinación de los índices de azul de metileno y de yodo, los cuales dan una estimación bastante precisa del área superficial interna del carbón activado. (Milan y Slavoj, 1967; Fernández y Castillo, 2001).

III. RESULTADOS Y DISCUSION

III.1. Caracterización química

Los resultados de los valores promedio del análisis inmediato y elemental del precursor y de los carbones activados obtenidos a partir de estos, así como los rendimientos (R), densidades aparentes (dap) y valores de pH se presentan en las Tablas 1 y 2. Debe notarse que tanto las semillas del fruto de la caoba hondureña como las semillas de mamey poseen un elevado contenido de volátiles, que disminuye sensiblemente como consecuencia de la activación y en especial al incrementar el tiempo y la temperatura de carbonización. El contenido de cenizas del precursor virgen es bajo, lo que justifica su empleo para la producción de carbones activados, el cual no se incrementa sensiblemente como consecuencia de la activación. Asimismo, puede apreciarse que como tendencia la densidad aparente y el rendimiento disminuyen al aumentar la concentración del ácido, el tiempo, y la temperatura de carbonización. Los valores de pH se mantienen entre 3 y 5, éstos concuerdan con los reportados para este tipo de productos.

Muestra	C(H ₃ PO ₄) (% p/p)	T _{act.} (°C)	t _{act.} (min)	%Vv (lh)	%Cf (lh)	%A (lh)	%C (lhc)	%H (lhc)	%O* (lhc)	%N (lhc)	R (%)	dap (g/ml)	pH
Residuo virgen	-	-	-	71.45	24.79	3.76	54.24	5.13	39.26	0.97	-	0.3712	-
Experimento 1	30	300	60	37.60	57.11	5.29	73.92	3.21	22.35	0.52	44.1	0.2831	3.33
Experimento 2	30	300	120	35.10	59.52	5.38	75.39	3.06	21.06	0.49	43.7	0.2813	3.35
Experimento 3	30	500	60	19.92	78.81	1.27	84.36	2.19	13.16	0.29	39.1	0.2316	4.56
Experimento 4	30	500	120	13.62	80.61	5.77	88.12	1.82	9.86	0.21	38.1	0.2112	4.80
Experimento 5	50	300	60	36.41	62.03	1.56	74.62	3.14	21.74	0.51	43.4	0.2345	3.56
Experimento 6	50	300	120	35.46	62.70	1.84	75.17	3.08	21.25	0.50	40.2	0.2102	4.46
Experimento 7	50	500	60	16.30	78.41	5.28	86.52	1.98	11.26	0.24	38.2	0.1915	4.70
Experimento 8	50	500	120	13.51	82.48	4.01	88.18	1.82	9.80	0.20	33.6	0.1808	4.75

Tabla 1. Análisis inmediato y elemental, rendimientos, densidades aparentes y pH de las muestras de cáscaras del fruto de la caoba hondureña y los carbones activados obtenidos mediante activación “química” de las mismas. (Vv: sustancias volátiles; Cf: Carbono fijo; A: Cenizas; R: Rendimiento; lh: libre de humedad; lhc: libre de humedad y cenizas; * Determinado por diferencia).

Muestra	C(H ₃ PO ₄) (% p/p)	T _{act.} (°C)	t _{act.} (min)	%V _v (lh)	%C _f (lh)	%A (lh)	%C (lh)	%H (lh)	%O* (lh)	%N (lh)	R (%)	dap (g/ml)	pH
Residuo virgen	-	-	-	79.82	18.14	2.04	49.44	5.59	43.89	1.08	-	0.5472	-
Experimento 1	30	300	60	49.91	54.51	5.58	72.56	3.34	23.55	0.56	41.4	0.4524	3.38
Experimento 2	30	300	120	37.80	57.82	4.38	73.80	3.22	22.46	0.53	40.3	0.4346	3.82
Experimento 3	30	500	60	32.73	62.25	5.02	76.76	2.93	19.83	0.46	38.2	0.3952	4.01
Experimento 4	30	500	120	30.22	65.30	4.48	78.26	2.78	18.53	0.43	35.5	0.3542	4.32
Experimento 5	50	300	60	33.41	61.90	4.69	76.38	2.97	20.18	0.47	38.6	0.4174	3.65
Experimento 6	50	300	120	19.53	78.11	2.36	84.60	2.16	12.96	0.28	38.5	0.4012	4.06
Experimento 7	50	500	60	17.43	78.88	3.69	85.84	2.04	11.86	0.26	36.2	0.3642	4.12
Experimento 8	50	500	120	16.72	82.20	1.08	86.27	2.00	11.40	0.25	34.3	0.3421	4.14

Tabla 2. Análisis inmediato y elemental, rendimientos, densidades aparentes y pH de las muestras de semillas del mamey y los carbones activados obtenidos mediante activación “química” de éstas.

El análisis estadístico de las Tablas 1 y 2 arrojó que la variación de los contenidos de sustancias volátiles los carbones activados obtenidos a partir de las cáscaras del fruto de la caoba hondureña (V_{v_{ch}}) y de las semillas de mamey (V_{v_{sm}}) respecto a las variables independientes temperatura (T), tiempo (t) y concentración de agente activante (C(H₃PO₄)), se ajustaba a las expresiones 1 y 2 con coeficientes de correlación R² = 0.9898 y 0.9230, respectivamente. Del análisis se obtuvo que tanto la temperatura como el tiempo resultaron significativos sobre la variable dependiente estudiada con un nivel de confianza del 95%, sin embargo la concentración de activante resultó significativa sobre la variable en estudio con un nivel de confianza del 90%.

$$\%V_{v_{ch}} = 73.58 - 0.1015*(T) - 0.052*(t) - 0.057*(C_{(H_3PO_4)}) \quad (2)$$

$$\%V_{v_{sm}} = 94.23 - 0.054*(T) - 0.1217*(t) - 0.7946*(C_{(H_3PO_4)}) \quad (3)$$

La valoración estadística de la variación de los contenidos de carbono fijo de los carbones activados (C_{f_{ch}} y C_{f_{sm}}), reportados en las Tablas 1 y 2, con las variables independientes: T, t y C(H₃PO₄), se ajustaba a las expresiones 4 y 5 con coeficientes de correlación R² = 0.9895 y 0.9139, respectivamente. De este análisis se obtuvo que los tres coeficientes resultaron significativos sobre la variable dependiente estudiada, la temperatura y la concentración con un nivel de confianza del 99 % y el tiempo con un nivel de confianza de un 90%.

$$\%C_{f_{ch}} = 22.59 + 0.098*(T) + 0.037*(t) + 0.119*(C_{(H_3PO_4)}) \quad (4)$$

$$\%C_{f_{sm}} = 9.16 + 0.044*(T) + 0.1079*(t) + 0.7651*(C_{(H_3PO_4)}) \quad (5)$$

La interpretación estadística de la variación de los contenidos de cenizas (A_{ch} y A_{sm}), presentados en las Tablas 1 y 2, respecto a las variables independientes: T, t y C(H₃PO₄), se ajustaba a las expresiones que a continuación se presentan con coeficientes de correlación R²=0.7320 y 0.8834. En este caso se obtuvo que los coeficientes del tiempo y la concentración resultaron significativos sobre la variable dependiente estudiada con un nivel de confianza del 95%, mientras que el coeficiente correspondiente a la temperatura resultó no significativo.

$$\%A_{ch} = 3.83 + 0.0028*(T) + 0.015*(t) - 0.0627*(C_{(H_3PO_4)}) \quad (6)$$

$$\%A_{sm} = 11.61 - 0.0034*(T) - 0.0278*(t) - 0.0955*(C_{(H_3PO_4)}) \quad (7)$$

El estudio estadístico de la influencia de las variables independientes: T, t y C(H₃PO₄) sobre el rendimiento de la activación (Tablas 1 y 2) se correspondía con las expresiones 8 y 9 con coeficientes de correlación R² = 0.9348 y 0.9184, respectivamente. Los coeficientes de este modelo resultaron significativos sobre la variable dependiente estudiada, la temperatura y la concentración con un nivel de confianza del 99% y el tiempo con un 90%.

$$\%R_{ch} = 59.48 - 0.028*(T) - 0.038*(t) - 0.1205*(C_{(H_3PO_4)}) \quad (8)$$

$$\%R_{sm} = 80.92 - 0.017*(T) - 0.027*(t) - 0.0861*(C_{(H_3PO_4)}) \quad (9)$$

El estudio estadístico de la incidencia de las variables independientes: T, t y C(H₃PO₄) sobre las densidades aparente de los carbones producidos a partir de ambas materias primas (dap_{ch} y dap_{sm}), que se reflejan en las Tablas 1 y 2, se corresponde con las expresiones (10 y 11) con coeficientes de correlación R² = 0.9548 y 0.9745, respectivamente. Solo resultaron significativos sobre la variable dependiente estudiada la temperatura y la concentración con un nivel de confianza del 99% mientras que el tiempo resultó no significativo.

$$dap_{ch} = 0.441 - 0.0002*(T) - 0.0002*(t) - 0.0002*(C_{(H_3PO_4)}) \quad (10)$$

$$dap_{sm} = 0.6123 - 0.0003*(T) - 0.0004*(t) - 0.0014*(C_{(H_3PO_4)}) \quad (11)$$

El estudio estadístico de la incidencia de las variables independientes: T, t y C(H₃PO₄) sobre los valores de pH de los carbones activados reflejados en las Tablas 1 y 2, se corresponde con las expresiones 12 y 13 con coeficientes de correlación R² = 0.8507 y 0.8502, respectivamente. En este caso resultaron significativos sobre la variable dependiente estudiada la

temperatura y la concentración con un nivel de confianza del 95% y el tiempo resulto no significativo con un intervalo de confianza del 90%.

$$pH_{ch} = 0.96 + 0.0051*(T) + 0.0018*(t) - 0.0179*(C_{(H_3PO_4)}) \quad (12)$$

$$pH_{sm} = 2.44 + 0.0021*(T) + 0.0021*(t) + 0.055*(C_{(H_3PO_4)}) \quad (13)$$

III.2. Evaluación del poder adsorbente de los carbones activados

En las Figuras 1 y 2 se ejemplifican el efecto del tiempo y la temperatura sobre las curvas cinéticas de la adsorción del azul de metileno en los carbones activados, preparados a partir de ambos precursores, mediante activación “química” con ácido fosfórico, según se detalla en las Tablas 1 y 2.

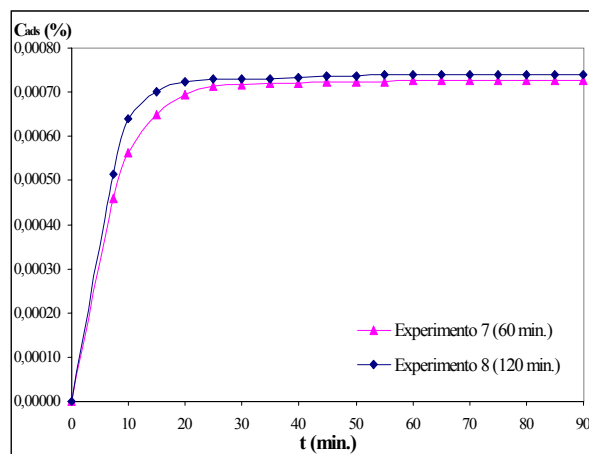


Figura 1. Curvas cinéticas de la adsorción del azul de metileno a 25°C sobre los carbones activados preparados mediante activación de las cáscaras del fruto de la caoba hondureña con H_3PO_4 al 50% (p/p), una temperatura de 500°C y diferentes tiempos de activación.

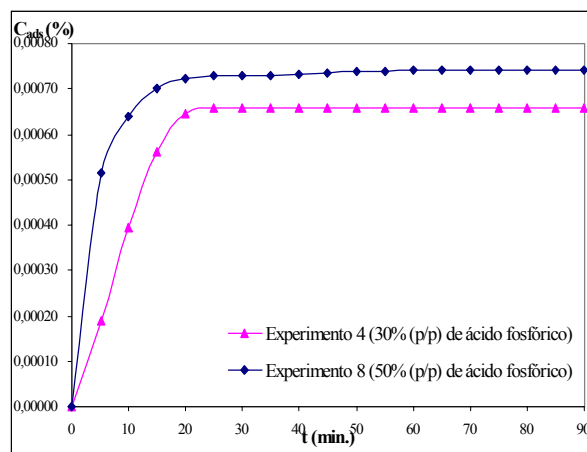


Figura 2. Curvas cinéticas de la adsorción con azul de metileno a 25°C sobre los carbones activados preparados mediante activación de las semillas de mamey con diferentes concentraciones de H_3PO_4 , temperatura de 500°C y 120 min. de activación.

En las Figuras 1 y 2 puede observarse que la cantidad de azul de metileno adsorbida (C_{ads}) aumenta notablemente producto de la activación, haciéndose mayor al incrementar el tiempo y la concentración de agente activante, siendo la diferencia más acentuada en el caso de las semillas de mamey. En la Figura 3 se evalúa el efecto de la temperatura sobre las curvas cinéticas de la adsorción del azul de metileno de los carbones activados obtenidos mediante activación química de las cáscaras del fruto de la caoba hondureña con ácido fosfórico, bajo las condiciones que se indican en la Tabla 1. En ella puede observarse que la cantidad de azul de metileno adsorbida se eleva considerablemente debido a la activación y es mayor al aumentar la temperatura.

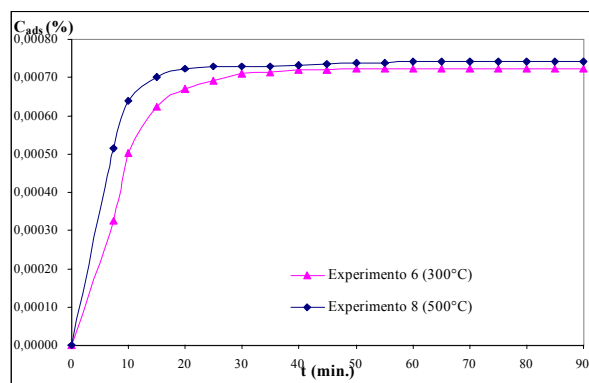


Figura 3. Curvas cinéticas de la adsorción con azul de metileno a 25°C sobre los carbones activados preparados mediante 120 min. de activación con H_3PO_4 al 50% (p/p) y diferentes temperaturas de activación.

Para la evaluación de la capacidad de adsorción de los carbones activados obtenidos de sustancias con moléculas de dimensiones inferiores a la de azul de metileno ($>13\text{\AA}$) se realizaron para los mismos la adsorción de yodo a partir de una solución estándar 0.10 N, como se indica en la técnica operatoria descrita anteriormente

Se ofrecen en la Tablas 3 y 4 los resultados de índices de yodo, de azul de metileno y constante cinética aparente de la adsorción del azul de metileno y valor de R^2 correspondiente para los carbones activados obtenidos mediante activación “química” de las cáscaras del fruto de la caoba hondureña.

Muestra	C(H ₃ PO ₄) (% p/p)	T _{act.} (°C)	t _{act.} (min)	I _{na}	I _{ny}	k' _{ads} (s ⁻¹)	R ²
Experimento 1	30	300	60	0	0	0.0404	0.9976
Experimento 2	30	300	120	0	0	0.0478	0.9910
Experimento 3	30	500	60	7	330	0.0713	0.8894
Experimento 4	30	500	120	7	350	0.0988	0.9946
Experimento 5	50	300	60	7	380	0.0676	0.880
Experimento 6	50	300	120	7	400	0.111	0.9992
Experimento 7	50	500	60	12	420	0.105	0.9735
Experimento 8	50	500	120	14	470	0.1266	0.9534

Tabla 3. Índices de yodo, de azul de metileno y constantes cinéticas aparentes de la adsorción del azul de metileno y valores de R² correspondientes al determinarlas para los carbones activados obtenidos mediante activación “química” de las cáscaras del fruto de la caoba hondureña con diferentes concentraciones de H₃PO₄.

Muestra	C(H ₃ PO ₄) (% p/p)	T _{act.} (°C)	t _{act.} (min)	I _{na}	I _{ny}	k' _{ads} (s ⁻¹)	R ²
Experimento 1	30	300	60	0	0	0.006	0.9868
Experimento 2	30	300	120	0	0	0.0093	0.6318
Experimento 3	30	500	60	0	342	0.012	0.9691
Experimento 4	30	500	120	0	365	0.0146	0.6956
Experimento 5	50	300	60	7	400	0.0277	0.9674
Experimento 6	50	300	120	7	468	0.0764	0.9905
Experimento 7	50	500	60	12	480	0.0915	0.9885
Experimento 8	50	500	120	14	493	0.0932	0.9886

Tabla 4. Índices de yodo, de azul de metileno y constantes cinéticas aparentes de la adsorción del azul de metileno y valores de R² correspondiente al determinarlas para los carbones activados obtenidos mediante activación “química” de las semillas de mamey con diferentes concentraciones de H₃PO₄.

En los ensayos de eficiencia de la adsorción se observó, en ambos casos, que los productos preparados según el experimento 8 es capaz de decolorar completamente 14 ml de solución standard de azul de metileno al 0.15%, en cambio los restantes logran decolorar entre 7 a 12ml. Debe destacarse la pequeña diferencia entre los mejores materiales obtenidos mediante este trabajo y los carbones comercializados en Cuba actualmente, los cuales decoloran 16 ml de solución standard de azul de metileno, avalándose así la calidad de los productos propuestos. Los carbones activados obtenidos según las condiciones del experimento 8 presenta los mayores índices de yodo, lo que indica que en éstos ha tenido lugar un mayor desarrollo microporoso. Estos valores son similares a los reportados para carbones activados que se usan como decolorantes por lo cual se recomienda que el producto obtenido según las condiciones del experimento mencionado puede tener el mismo uso. Los resultados de las constantes cinéticas aparentes de la adsorción del azul de metileno corroboran los obtenidos para los índices de yodo y de azul de metileno, así como los derivados de las curvas cinéticas correspondientes, determinándose que las mejores condiciones para la preparación de carbones activados a partir de estos precursores, se corresponden con las del experimento 8.

El análisis estadístico de las Tablas 3 y 4 brindó que la variación de los índices de azul de metileno de los carbones activados preparados a partir de las cáscaras del fruto de la caoba hondureña (I_{a_{ch}}) y de las semillas de mamey (I_{a_{sm}}) respecto a las variables independientes temperatura (T), tiempo (t) y concentración de agente activante (C(H₃PO₄)), se ajustaba a las expresiones 14 y 15, respectivamente. Asimismo, se encontró que los índices de yodo (I_y) respondían a las expresiones 16 y

17, mientras que la variación de las constantes cinéticas aparentes de la adsorción del azul de metileno (k'_{ads}) se describía con las expresiones 18 y 19. En todos los casos, los coeficientes de correlación R² fueron superiores a 0.9. Se obtuvo que los coeficientes correspondientes a la temperatura y concentración del agente activante resultaron significativos sobre las variables dependientes estudiadas con un nivel de confianza del 99%, mientras que el tiempo de activación resultó no significativo.

$$I_{a_{ch}} = -20.00 + 0.0325*(T) + 0.008*(t) + 0.325*(C_{(H_3PO_4)}) \quad (14)$$

$$I_{a_{sm}} = -25.25 + 0.024*(T) + 0.038*(t) + 0.0412*(C_{(H_3PO_4)}) \quad (15)$$

$$I_{y_{ch}} = -603 + 0.9875*(T) + 0.375*(t) + 12.375*(C_{(H_3PO_4)}) \quad (16)$$

$$I_{y_{sm}} = -693 + 1.015*(T) + 0.4333*(t) + 14.175*(C_{(H_3PO_4)}) \quad (17)$$

$$k'_{ads_{ch}} = -0.0973 + 0.0001*(T) + 0.0004*(t) + 0.002*(C_{(H_3PO_4)}) \quad (18)$$

$$k'_{\text{ads}_{\text{sm}}} = -1.195 + 0.012*(T) + 0.037*(t) + 0.014*(C_{(\text{H}_3\text{PO}_4)}) \quad (19)$$

IV. CONCLUSIONES

- ♦ El estudio sobre la factibilidad de preparar carbones activados aplicando el método de activación “química” con H_3PO_4 señala que ambos precursores pueden utilizarse con este propósito.
- ♦ Las condiciones de operación empleadas en la activación ejercen una marcada influencia sobre la capacidad de adsorción de los productos obtenidos. En ambos casos el mejor carbón obtenido fue el del experimento 8.
- ♦ El análisis estadístico realizado permitió establecer las dependencias entre las condiciones de operación estudiadas (variables independientes) y las diferentes variables respuesta bajo análisis (análisis inmediato, densidad aparente, rendimiento y propiedades adsorbentes), estableciéndose la significación de los coeficientes correspondientes en cada caso.

V. REFERENCIAS

1. Alberty R.; Silbey, R. “Physical Chemistry”. 2nd Edition, **1997**.
2. Connors, K. A. “Chemical Kinetics. The Study of Reaction Rates in Solution”. Ed. VCH New York, **1990**.
3. Fernández, A.; Castillo, R. *Informe de Investigaciones*, Centro de Investigaciones de la Industria Minero – Metalúrgica (CIPIMM), La Habana, **2001**.
4. Girgis, B. S.; Khalil, L. B.; Tawfik, T. A. M. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 61, 87-92, **1994**.
5. González, M. T.; Molina - Sabio, M.; Rodríguez - Reinoso, F. *Carbon.*, 32, 8, 1407-1413, **1994**.
6. Jiaan, X.; Kiyoshi, N.; Shoji, K. *Journal of Chemical Engineering of Japan*, 31, 6, 987-990, **1998**.
7. Kaghazchi, T.; Heidari, A.; Roghanizad, A. A. *Proceeding of Fifth APISCEU*, Shangai, China, 310-313, **1999**.
8. Logan, S. R. “Fundamentos de Cinética Química”. Ed. Iberoamericana Eddison Wesley, Madrid, **2000**.
9. Medina Alvarez, B. F.; Villegas Aguilar, P. J.; De las Posas del Río, C. E. *Proceeding. de la 6^a Convención y Feria Internacional de la Industrias Mecánica, Metalúrgica y el Reciclaje (METANICA)*, Cuba, **2001**.
10. Milan, S; Slavoj, C. “Active carbon” Elsevier Publishing Company, Germany, **1967**.
11. Padilla, A; Scott, C.; Gamboa, R.; Sánchez, R. *Proceeding. of Biomass for Energy and Industry*, Würzburg, Alemania, **1998**.
12. Satya Sai, P. M.; Ahmed, J. *Industrial & Engineering Chemistry Resources*, 36, 3625-3630, **1997**.
13. Villegas Aguilar, P. J.; Bonelli, P. R.; Cassanello, M. C.; Cukierman, A. L. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 3, 2, 33-36, **1999**.
14. Villegas Aguilar, P. J. *Tesis Doctoral*, Universidad Central de Las Villas, Santa Clara, Cuba, **2000**.

ABSTRACT

The production of activated carbons and their employment in problems linked with the environmental protection and reparation have been notably increased in the last two decades. In this work the possibility activated carbons preparation from shells of the Honduran mahogany fruit and mammee seeds was examined by “chemical” activation with phosphoric acid. The influence of the temperatures (from 300 to 500°C), the activation time (from 60 to 120 minutes) and the acid concentration (from 30 to 50% (w/w) on the characteristics of the obtained product was analyzed. It was determined that the resources studied and the activating agent used were appropriate to prepare activated carbons whose quality was affected by the preparation conditions.

Keywords: carbonization, chemical activation, adsorption